연속 웨이브렛 Ridge를 이용한 순간주파수 결정

김태형* · 윤동한**

Determination of Instantaneous Frequency By Continuous Wavelets Ridge

Tae-hyung Kim* · Dong-han Yoon**

본 연구는 금오공과학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문

요 약

비선형적인 위상 변화를 지닌 비정상(non-stationary)신호는 레이더, 통신, 지질탐사, 음향, 생체공학 응용등 여러 분야에서 쉽게 접하는 신호이다. 비정상 신호는 일반적으로 시간의 변환에 따라 신호의 스펙트럼 특성이 변화하는 신호를 의미하며, 순간 주파수는 신호의 특정시간에 해당하는 신호성분의 주파수를 의미한다. 따라서 열거한 레이더, 음향, 생체신호등에 있어서 순간 주파수는 신호의 물리적 특성을 파악하기 위한 중요한 변수이다. 이 논문에서는 연속 웨이브렛 변환을 이용한 비정상 신호의 순간 주파수를 결정에 대하여 연구하였고, 기존의 방법과 비교하였다. 신호에 잡음이나 여러 가지의 주파수가 중첩되어 있는 경우, 기존에 방법들로서는 정확한 순간주파수를 결정할 수 없는 반면, 웨이브렛 변환을 이용한 경우, 신호의 성분에 관계없이 상당히 정확한 순간주파수를 결정할 수 있음에 대하여 설명하였다.

ABSTRACT

The analysis of Rader signal that have non-linearity variable phase is signal that contact easily in several fields such as radar, telecommunication, seismic, sonar and biomedical applications. In generally, Non-stationary signal means that spectral characteristics are varying with time and instantaneous frequency is only one frequency or narrow range of frequencies varying as a function of time. Therefore, Instantaneous frequency is vary important variable that understanding physical characteristic of signal. This paper was describes continuous wavelet transform to determine instantaneous frequency at non-stationary signal and compare to existing method. When white noise or various frequency is overlapped each other in sign, existing method was can not decide corrected instantaneous frequency, but when used continuous wavelet transform, very well decide correctly frequency regardless of component of signal.

키워드

Analytic Signal, Scalogram, Phasogram, Ridge

Ⅰ. 서 론

웨이브렛 변환은 스케일에 따라 크기가 변화하는 웨이브렛의 특성을 이용하여 임의의 신호 $f(t)$의 "시간-스케일" 종속관계를 "시간-스케일" 공간에 표현하는 유용한 도구이며, 특히 신호가 비정상(Non-statio -nary)[6]인 경우, 즉 시간의 변화 따라 신호의 스펙트럼 특성이 변화하는 경우에 있어서

* 금오공과대학교 전자공학부 대학원생

** 금오공과대학교 전자공학부 교 수

접수일자 : 2004. 11. 18

웨이브렛 변환은 신호의 부분적인 또는 전체적인 스케일 특성을 표현한다.[1] 이와 같은 웨이브렛 변환의 "시간-스케일" 성분분리 특성으로부터 순간 주파수를 결정할 수 있다.

순간 주파수는 특정한 시간에서의 신호성분의 주파수를 의미하며, 예를 들어, 우리가 음악을 들을 때 분명히 시간에 따라 변화하는 몇 가지 주파수성분을 파악할 수 있다. 이와 같이 순간주파수는 신호의 특성을 파악하기 위한 중요한 파라미터이다. 지금까지 이러한 순간 주파수를 결정하기 위한 다양한 방법들이 발표되어왔다. 일반적인 방법으로는 시간-주파수 분해방법, 국소 푸리에 변환등 많은 방법들이 제시되고 있다. 본 논문에서는 기존에 방법에 대하여 설명하고, 웨이브렛 변환을 이용한 방법에 대하여 논하고, 설명하였다.

II. 본 론

1. 해석 신호 와 순간 주파수

순간주파수를 구하는 일반적인 방법으로 해석신호(Analytic Signal)를 이용한다. 신호 $f(t)$에 대하여 진폭의 크기 $a(t)$와 위상 $\phi(t)$를 가지는 해석신호를 $f_a(t) = a(t)cos(\phi(t))$라고 표현하자. 여기서 $\phi(t)=\omega_0 t + \phi_0$라고 한다면, 주파수$\omega_0$는 해석신호에서 위상 $\phi(t)$을 시간에 대한 미분을 취함으로서 구할 수 있다. 이를 일반화하여 시간에 따라서 변화하는 위상을 가지고 변화하는 실함수 $f(t)$의 위상의 미분치를 순간주파수(Instantaneous Frequency)라고 정의한다[2]. 결국 신호 $f(t)$의 순간주파수는 $f(t)$의 해석신호 $f_a(t)$를 이용하여 구할 수 있으며, 해석신호를 만드는 방법으로 힐베르트(Hilbert)변환을 이용한다[2]. 이 방법은 비교적 쉬운 방법이긴 하지만 주파수가 중첩되거나 잡음의 영향을 받을 경우 정확한 순간주파수를 결정하기 어렵다. 먼저 다음과 같이 주어지는 신호에 대한 힐베르트 변환을 이용한 순간주파수 결정 과정은 다음과 같다.

$$f(t) = cos(2\pi t f_s + \alpha ln(1+\beta t)) \quad (1)$$

식(1)에서 신호 $f(t)$가 $\phi(t)$의 변화에 더 많은 영향을 받을 경우, asymptotic 신호라고 부르다. Asympto -tic 신호에 대한 실수부와 허수부로 구성된 해석함수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f_a(t) = a(t)EXP[j\phi(t)] = f_a(t) + jf_a(t) \quad (2)$$

$$f(t) = f_a(t) \quad (3)$$

식(2)에서 허수 부분은 다음과 같은 힐베르트 변환의 정의에 의해 실수부분과 같아진다.

$$h(t) = H\{f(t)\} = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{f(\tau)}{t-\tau}d\tau \quad (4)$$

푸리에 영역에서 식(4)는 다음과 같이 된다.

$$h(t) \leftrightarrow H\{F(\omega)\} = j\,sgn(\omega)F(\omega) \quad (5)$$

여기서 $sgn(w)$는 다음 식으로 정의된다.

$$sgn(\omega) = \begin{cases} 1, & \omega > 0 \\ 0, & \\ -1, & \omega < 0 \end{cases} \quad (6)$$

따라서 해석함수 $f_a(t)$는 다음과 같이 정의된다.

$$f_a(t) = f_a(t) + jH\{f(t)\} \quad (7)$$

위식의 푸리에 변환은 다음과 같이 주어진다.

$$F_a(\omega) = F(\omega) + sgn(\omega)F(\omega) = \begin{cases} 2F(\omega) & \omega \ge 0 \\ 0 & \omega < 0 \end{cases} \quad (8)$$

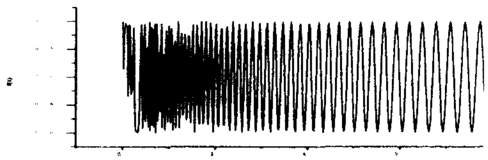
따라서 해석함수는 위식의 IFT을 취함으로서 구해진다. 구해진 해석신호에서 위상에 대한 표현은 다음과 같다.

$$Phase[f_a(t)] = \phi_a(t) = tan^{-1}[\Im f_a(t)/f_a(t)] \quad (9)$$

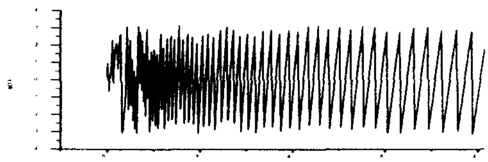
순간 주파수는 다음과 같이 위상의 시간에 대한 양의 미분 값으로 정의된다.

$$\phi_i(t) = \frac{1}{2\pi}\frac{d\phi_a(t)}{dt} \ge 0 \quad (10)$$

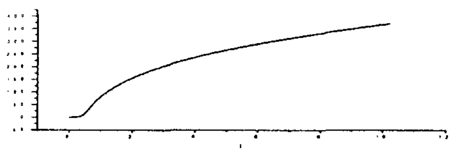
다음 그림은 식(1)의 신호에 대하여 힐베르트 변환을 이용한 순간 주파수 결정과정을 표현한 것이다.



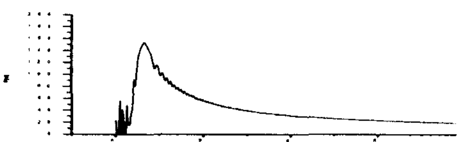
(a) Asymptotic signal



(b) 힐베르트 변환 에서 구해진 순간 위상

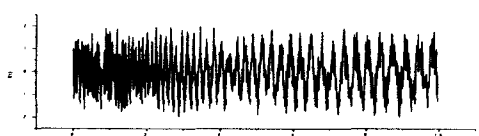


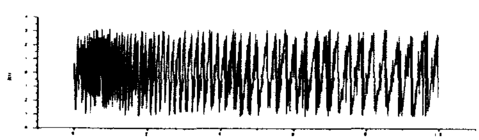
(c) 순차적으로 2π를 더하여 변곡점을 제한 순간 위상

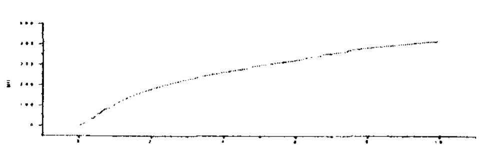


(d) 순간 주파수 위상의 시간변화에 따른 기울기-미분

그림 1. Asymptotic 신호의 순간주파수 결정
Fig1. Determine to Instantaneous Frequency for Asymptotic signal







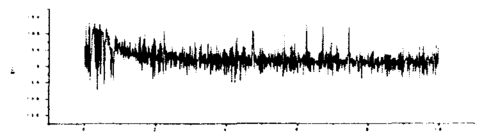


그림 2. 잡음을 포함하는 신호에 대한 순간 주파수
Fig2. Determine to Instantaneous Frequency for Asymptotic signal included white noise

그림 1에서 힐베르트 변환을 이용한 순간주파수 결정은 비교적 양호한 편이지만 그림 2에서와 같이 원 신호에 백색잡음을 부여한 경우 직접적인 연산으로는 순간주파수의 정확한 추출이 거의 불가능하다.

2. 웨이브렛 특성 -모듈러스와 위상

웨이브렛 변환은 비정상 신호 $f(t)$의 시간-스케일 종속관계를 가시화하는 유용한 도구이다. 푸리에 변환을 이용한 경우 고정된 스케일을 가지며 따라서 급속히 변화하는 순간주파수를 결정하기는 쉽지 않다. 하지만 해석 웨이브렛의 경우 "시간-스케일"에서의 스케일이 변화하므로 주파수의 상태에 상관없이 순간 주파수 $f(t_i)$가 결정될 수 있다. Asymptotic신호에 $f(t)$에 대하여 복소수 웨이브렛을 사용하여 웨이브렛 변환을 실행할 경우 다음과 같이 웨이브렛 변환 모듈러스(Modulus)와 위상(Phase)를 정의할 수 있다[3].

$$W^f_{b,a} = f(t)\otimes\frac{1}{a}\psi^*(-\frac{1}{a}) = |\, W^f_{b,a}(t)\,|exp(-j\phi^f_{b,a}(t))$$

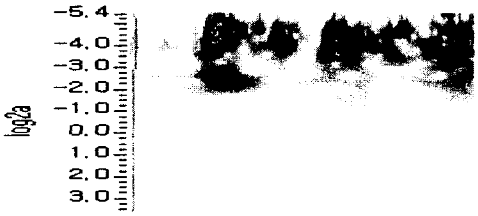
$$\phi^f_{b,a}(t) = tan^{-1}(\frac{\Im W^f_{b,a}(t)}{W^f_{b,a}(t)}) \qquad (11)$$

웨이브렛 모듈러스 $|\, W^f_{b,a}(t)\,|$는 "시간-스케일" 공간에서 웨이브렛의 크기와 신호의 부분적인 또는 전체적인 크기가 일치하는 지점에서 최대값을 형성하며, 이를 스칼로그램(scalogram)이라 정의한다[4]. 다음 그림에 임의의 음향신호에 대해 가버(Gabor)웨이브렛을 이용한 스칼로그램을 나타내었다.

그림에서 신호의 크기가 최대인 부분에 대하여 스칼로그램에서 원뿔모양이 형성될 것을 볼 수 있다.

웨이브렛 위상은 복소수 웨이브렛을 사용하였을 경

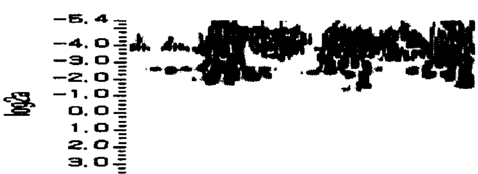
(a) 음향신호 (N=2048, dx=0.01)



(b) 웨이브렛 모듈러스$|W^f_{b,a}(t)|$: 스칼로 그램
그림 3. 스칼로그램 (가버 웨이브렛 σ =1)
Fig3. Scalogram (Gaber wavelet σ =1)

우 정의되는 신호 $f(t)$의 순간 위상을 표현하는 "시간-스케일"공간이다. 웨이브렛 모듈러스가 신호의 스케일 정보를 표현하는 반면에 웨이브렛 위상은 신호의 변곡점(Peaks, valleys)을 따라서 -π에서 π로 변화하는 값을 가진다. 전체 시간-스케일 공간에 대한 위상을 표현한 공간을 페이조그램(Phasogram)이라 정의한다. 페이조그램은 웨이브렛에 의해 각 스케일에서 분해 되어진 신호의 순간 위상을 표현한다. 따라서 페이조그램으로부터 신호의 변곡점의 분포를 관찰할 수 있다.

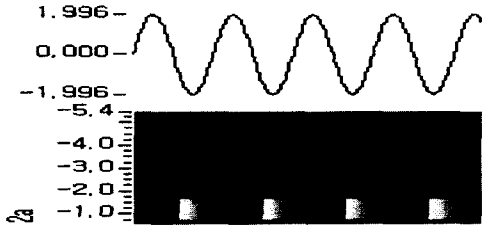
(a) $\phi^f_{b,a}(t)$: 페이조 그램



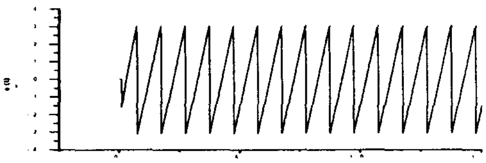
(b) $\phi^f_{b,a}(t)$: 페이조 그램 - shrinkage 적용
그림 4. 페이조그램 (가버 웨이브렛 σ =1)
Fig 4. Phasogram (Gaber wavelet σ =1)

다음 그림4는 음향신호에 대한 페이조그램을 나타내었다. 웨이브렛 위상은 가시적으로는 신호 $f(t)$의 순간 위상 정보를 표현하며, 위상의 기울기는 신호의 스펙트럼 정보를 지니고 있다. 만약 신호 $f(t)$의 주파수와 위상 단일주파수이면, 웨이브렛의 주파수와 위상이 이것과 일치할 경우 웨이브렛 위상의 기울기는 일정하다

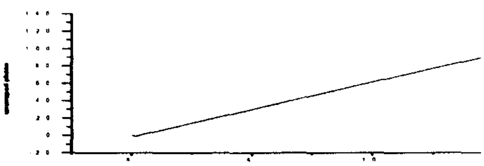
다음 그림5는 단일주파수의 사인함수와 Morlet($a=1$, $f_0=1$)을 이용한 웨이브렛 위상을 나타낸 것이다.



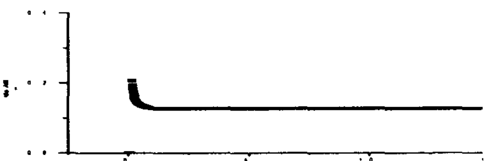
(a) 사인함수 및 페이조그램 (Morlet 웨이브렛),



(b) 웨이브렛 위상



(c) unwrapped phase



(d) 위상의 시간 미분
그림 5. 사인함수에 대한 웨이브렛 위상 추출
Fig 5. Wavelet phase extract form sinusoids

그림5는 웨이브렛 위상에 2π를 순차적으로 더하여 위상의 불연속선을 제거한 위상을 나타낸 것이다. 기울기의 변화가 없는 경우에는 미분 $\phi^f_{b,a}(t)'$는 시간에 대하여 일정한 값을 유지한다. 따라서 그림에서 직선부분은 위상에 대한 시간 미분을 나타낸 것이다. 그림에서 양끝 값은 웨이브렛 위상의 edge 효과에 기인한 것이다. 따라서 웨이브렛 위상의 기울기변화는 웨이브렛 모듈의 에너지가 상대적으로 크게 존재하는 영역에서는 변하지 않는다. 일반적으로 신호 $f(t)$의 순간 위상에서 기울기 변화가 없는 구간을 정적인 지점(stationary point)라 하며 결국 웨이브렛 위상은 신호 $f(t)$의 정적 지점을 표현한다. 이 같은 특성은 복소수 웨이브렛이 지니고 있는 모듈러스와 위상에 의한 것이다. 웨이브렛의 위상은 모듈러스가 존재하는 영역에서 일정한 기울기를 지니며, 이 대역에서의 위상의 미분은 일정하다. 복소수 웨이브렛을 이용한 웨이브렛

변환의 경우 구해지는 웨이브렛 위상으로부터 미분 $d\phi^f_{b,a}(t)/dt$가 0이 되는 지점을 Ridge로 정의하며 $a_r(b)$로 나타낸다[5].

III. Ridge에 의한 순간주파수 결정

연속 웨이브렛 변환을 이용한 Asymptotic신호의 순간 주파수를 구하는 방법으로 위상을 이용한 방법과 모듈러스를 이용하는 방법이 있다. 먼저 위상을 이용하여 순간주파수를 구하는 방법으로 신호 $f(t)$와 해석 신호 $f_a(t)$는 다음과 같이 정의된다.

$$f(t) = A_f(t)cos\phi_f(t) \tag{12}$$

$$f_a(t) = A_f(t)e^{j\phi_f(t)} \tag{13}$$

복소수 웨이브렛의 경우도 Asymptotic신호이며 다음과 같이 표현된다.

$$\psi(t) = A_\psi(t)e^{j\phi_\psi(t)} \tag{14}$$

따라서 연속 웨이브렛 변환은 다음과 같다

$$W^f(b,a) = \frac{1}{2a}\int_{-\infty}^{+\infty} A_f(t)A_\psi(\frac{t-b}{a})e^{j\phi^f_{(b,a)}(t)}dt \tag{15}$$

여기서 위상$\phi^f_{(b,a)}(t)$는 웨이브렛 변환 $W^f_{(b,a)}$의 위상이다.

$$\phi^f_{(b,a)}(t) = \phi_f(t) - \phi_\psi\frac{(t-b)}{a}) \tag{16}$$

만일 시간 $t=t_0$에서 신호가 정적인 지점이라하면 위상의 미분치는 다음과 같다.

$$\phi'_{(b,a)}(t_0) = \phi'_f(t_0) - \frac{1}{a}\phi'_\psi(\frac{t_0-b}{a}) = 0 \tag{17}$$

위식은 위상 변화가 일정하다는 의미를 나타내며 신호 $f(t)$의 위상 시간변화율과 웨이브렛 위상의 시간변화율이 같다는 것을 의미한다. Ridge는 웨이브렛 위상 공간 $\phi^f_{(b,a)}(t)$에서의 모든 정적인 지점을 의미하며, 위의 조건을 만족하는 모든 점의 집합을 의미한다. 즉 다음과 같이 표현된다.

$$t_0(b,a) = b \tag{18}$$

Ridge를 $a_r(b)$로 정의하고, 정적인 지점 $t_0=b$, $a=a_r(b)$ 그리고 $\phi'_f(t_0)=\omega_f(t_0)=\omega_f(b)$로 놓으면 식 (17)는 다음과 같이 주어진다.

$$\omega_f(b) - \phi'_\psi(0)/a_r(b) = 0 \tag{19}$$

Morlet Wavelet의 경우 $\phi'_\psi(0)=\omega_0$이며 따라서 식 (19)는 다음과 같이 주어진다.

$$\omega_f(b) = \omega_0/a_r(b) \tag{20}$$

Ridge $a_r(b)$가 결정이 되면 함수 $f(t)$의 순간 주파수 $\omega_f(b)$는 위식에 의해 결정된다. 웨이브렛 변환에서 Ridge는 웨이브렛 모듈 $|W^f_{(b,a)}|$ 과 위상 $\phi^f_{(b,a)}(t)$를 통해 구해진다. 먼저 웨이브렛 위상 $\phi^f_{(b,a)}(t)$를 $t=t_0$인 지점 즉 stationary point에서 스케일 a 관하여 미분하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial\phi^f_{(b,a)}}{\partial a} = -\frac{t_0-b}{a^2}\phi'_\psi(\frac{t_0-b}{a}) \tag{21}$$

시간상에서의 정상 지점인 t_0가 b와 일치하기 때문에 위식의 우변은 다음과 같다.

$$\left.\frac{\partial\phi^f_{(b,a)}}{\partial a}\right|_{a=a_r(b)} = 0 \tag{22}$$

따라서 Ridge $a_r(b)$는 위상 공간에서 주어진 시간 b에서 위의 조건을 만족하는 점을 의미한다. 동일한 방법으로 웨이브렛 위상 $\phi^f_{(b,a)}(t)$를 b에 대하여 미분하면 정적지점에서 다음의 식이 성립한다.

$$\left.\frac{\partial\phi^f_{(b,a)}}{\partial b}\right|_{t_0(b,a)=b} = \frac{\phi'_\psi(0)}{a} \tag{23}$$

Morlet 웨이브렛의 경우에는 위식은 다음과 같이 주어진다.

$$\left.\frac{\partial\phi^f_{(b,a)}}{\partial b}\right|_{t_0(b,a)=b} = \frac{\omega_0}{a_r(b)} \tag{24}$$

따라서 asymptotic 신호$f(t)$에 대한 Ridge는 신호 $f(t)$의 웨이브렛 위상 $\phi^f_{(b,a)}(t)$를 스케일에 대하여 미분해서 0를 만족하는 점을 찾는 방법과 시간b에 대하여 미분해서 기울기가 주어진 스케일에 최대한 근접한 점을 찾는 방법이 있다. 이 두 방법은 다 미분을 이용한다.

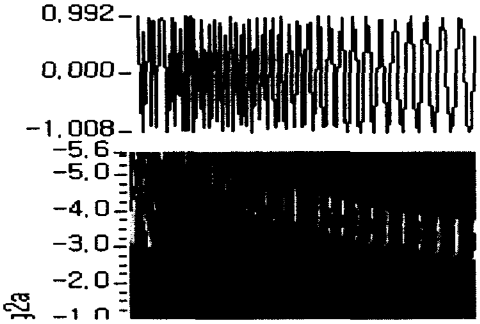


그림 6. Asymptotic신호에 대한 페이조그램
Fig 6. Phasogram for Asymptotic Signal

다음은 b에 대하여 미분하는 방법을 이용하여 Ridge를 결정하는 과정을 나타내었다. 그림6은 식(1)에 대하여 가버 웨이브렛을 이용한 위상 $\phi^f_{(b,a)}(t)$을 나타내는 페이조그램을 나타내었다.

위 그림에서 0을 지나거나 가장 근접한 지점이 시간b=5에서의 Ridge이다. 다음 그림은 전체 시간에 걸쳐 연산한 Ridge를 나타낸 것이다.

그림 7. 위상을 이용한 Asymtotic신호의 Ridge 연산 (Gaber wavelet, $a=1, f_0=1$)
Fig 7. Calculus ridge for asymptotic signal using phase

위상의 미분을 이용한 순간주파수 결정방법은 때로는 불안정한 연산이 되는 불편함이 따른다. 즉 위상이 존재하는 영역과 존재하지 않는 영역에서의 불연속선에 따른 문제 외에도 실제 신호가 지니는 노이즈나 기타 특이점에 의해 미분의 불안정이 발생한다. 따라서 다음과 같은 위상을 이용하는 방법 외에 웨이브렛 모듈을 이용하는 방법을 사용하는 것이 더 편리하다. 이 방법은 Non-stationary, Periodic, Random 신호 등 모든 신호에 대해서는 더 효과적으로 순간 주파수를 추출할 수 있다.

Asymptotic신호의 웨이브렛 변환은 다음과 같이 정의 된다. 좌변은 웨이브렛 정의식에 대응되고 우변은 정의식의 푸리에 변환식을 나타낸 것이다.

$$W^f_{b,a} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\psi^*_{(b,a)}(t)dt$$
$$= \frac{1}{2}\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} F_a(\omega)\psi^*(a\omega)e^{j\omega b}d\omega \qquad (25)$$

Asymptotic 신호의 경우 스펙트럼은 좁은 대역폭을 지니고 있으며, 스펙트럼의 중심은 $\omega=\omega_f(b)=\phi'(b)$근방에 위치한다. 따라서 웨이브렛 변환은 다음과 같다.

$$W^f_{b,a} = \frac{1}{2}\psi^*(a\phi'(b))\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} F_a(\omega)e^{j\omega b}d\omega$$
$$= \frac{1}{2}A(b)e^{j\phi(b)}\psi^*(a\phi'(b)) \qquad (26)$$

웨이브렛의 중심 스펙트럼이 $\omega=\omega_0$에 위치하며 따라서 에너지 밀도 $A(b)e^{j\phi(b)}\psi^*(a\phi'(b))$ 또한 스케일축을 따라 $a\phi'(b)=\omega_0$에 위치하며, 이는 웨이브렛 변환의 Ridge와 일치하게 된다. 즉

$$a_r(b) = \frac{\omega_0}{\phi'(b)} = \frac{\omega_0}{\omega_f(b)} \qquad (27)$$

결국 웨이브렛 모듈을 이용한 Ridge는 시간b를 따라서 스케일 축을 따라 웨이브렛 변환 값의 최대값을 따라 결정된다. 이 방법은 위상을 이용한 방법에 비해 간단하며 전체 위상에 의해 결정된 Ridge에 비해 신호 전체에 대해 어떠한 현상이 발생하는지를 보다 쉽게 관찰할 수 있다. 다음 그림은 웨이브렛 모듈로부터 결정된 Ridge를 나타낸 것이다.

Ridge가 결정되면 주어진 시간에서 순간주파수가 다음 식으로 결정된다.

$$\omega_i(b) = \frac{\omega_0}{a_r(b)} \qquad (28)$$

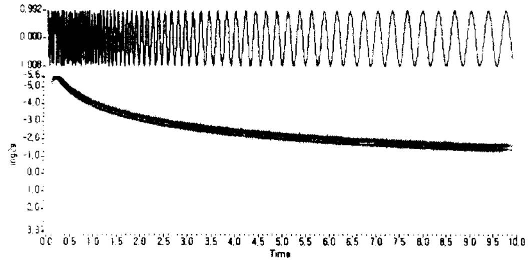
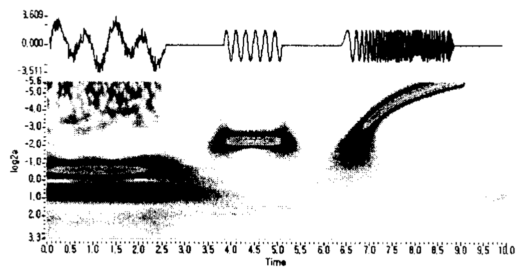


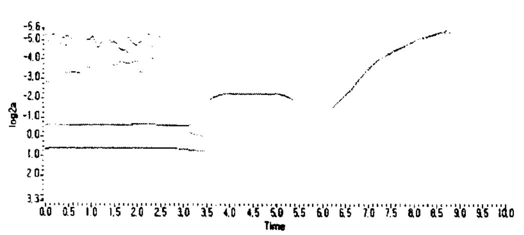
그림 8. 모듈을 이용한 asymptotic 신호의 Ridge 연산 (Gaber wavelet, $a=1, f_0=1$)

Fig8. Calculus ridge for asymptotic signal using Modulus

신호가 노이즈를 포함하고 있을 경우 웨이브렛 변환(모듈, 위상) 역시 노이즈에 의해 영향을 받지만 신호 대 잡음 비는 웨이브렛 변환 공간에서 Ridge부근에서 최대가 된다. 따라서 노이즈에 영향을 받지 않고 정확하게 순간 주파수를 결정할 수 있으며, 이 때문에 웨이브렛 변환을 이용한 순간주파수 결정 방법이 힐베르트변환을 이용한 순간주파수 방법에 비해 더욱 정확한 값을 추출할 수 있다. 다음 멀티 스케일 신호에 대한 웨이브렛 모듈 및 Ridge를 나타내었고, 여러 개의 주파수의 중첩으로 이루어진 비정상 신호에 대한 Ridge 검출을 나타낸 것이다.



(a) 웨이브렛 모듈 (Morlet 웨이브렛)



(b) Ridge-$a_r(b)$

그림 9. 멀티 스케일 신호에 대한 Ridge 검출

Fig 9. Detector ridge for multi-scale signal

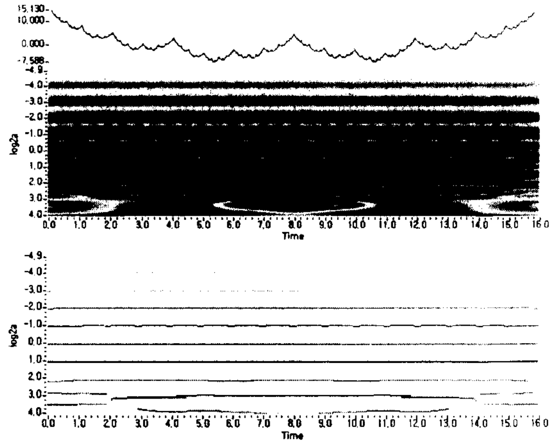


그림 10. 프랙탈 신호에 대한 Ridge 결정

Fig 10. Determination of Ridge for Fractal signal

IV. 결 론

본 논문에서 웨이브렛 변환을 이용한 비정상 신호 (Non-stationary) 신호 및 멀티 스케일 신호의 순간 주파수 $f(t_i)$결정에 대하여 논하였다. 웨이브렛 변환은 신호 $f(t)$에 대한 "시간-스케일" 종속관계를 스칼로그램과 페이조그램에 가시화하며, 이 두개의 "시간-스케일" 공간은 비정상신호의 정적위치(stationary point) 정보를 포함하고 있다. 이 정보를 통해 비정상 신호, 정상 신호, 멀티스케일 신호등의 시간에 따른 주파수 변화 특성을 표현하는 순간 주파수를 결정할 수 있다. 이 방법은 신호에 여러 개의 주파수 성분이 중첩되거나 또는 노이즈에 의해 신호가 간섭을 받는 경우에도 웨이브렛 Ridge $a_r(b)$를 통해 정확하게 신호의 중심 성분 및 노이즈의 주파수 변화를 표현한다.

웨이브렛 모듈을 이용한 Ridge $a_r(b)$는 위상 미분을 통해 결정한 Ridge와 거의 일치하며, Ridge 연산에 있어서 위상을 미분하는 방법보다 단순하며, 신호의 구성등의 특성에 구애 받지 않고 모든 신호의 주파수 특성 또는 스케일 특성을 해석하는 데 유용하게 적용될 수 있다.

참고문헌

[1] B. Boashash, "Estimating and Interpreting the Instantaneous Frequency of Signal", Pr-

oc. IEEE Vol.80,No.4, Part I,pp.540-538 ,Part II, pp.540- 568, 1992.
[2] Alen V. Oppenheim, Schafer, Ronald W Schafer "Discrete-Time Signal Processing" Prentice-Hall, 1989
[3] N.Delprat, B.Escudie, P.Guilleman, R.Kroland Martinet, P.Tchamitchian and B.Torresani, "Asymptotic wavelet and Gabor analysis: Extraction of Instantaneous Frequencies", IEEE Transactions on information theory. Vol.38,No.2 pp.644-664, 1992
[4] Martin Vetterli, Jelena Kovacevic, "Wavelets and subband coding", Prentice-Hall, 1995
[5] W.J.Staszewski, "Identification of Non-linear systems using multi-scale ridges and skeletons of wavelet Transform", Journal of Sound and Vibration, 214, No.4 pp.639-658, 1998
[6] 박상회, "생체신호처리 및 응용"에트텍 pp. 234-254 1999

저자 소개

김태형(Tea-Hyung Kim)

1995년 금오공과대학교 공학사
1997년 금오공과대학교 공학석사
2002년 금오공과대학교 공학박사 (수료)

※관심분야 : 멀티미디어 및 신호처리, 마이크로프로세서 응용설계, 계측제어

윤동한(Dong-Han Yoon)

1968년 광운대학교 공학사
1980년 명지대학교 공학석사
1987년 명지대학교 공학박사
1979~현재 금오공과대학교 전자공학부 교수

※관심분야 : 멀티미디어 및 신호처리, 마이크로프로세서 응용설계, 계측제어